

09/856982

PCT/JP00/07147

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

THU

5/ 4-1310.00
E. Villio
10-23-01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年10月14日

REC'D 04 DEC 2000

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第291968号

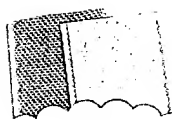
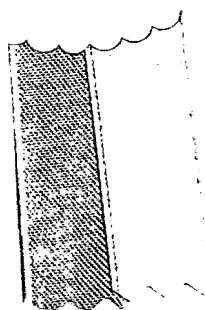
WIPO

PCT

出 願 人

Applicant(s):

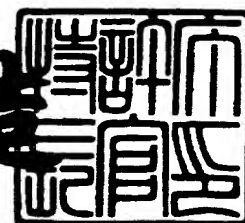
住友金属工業株式会社

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年11月17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3094877

【書類名】 特許願

【整理番号】 SIH99007

【提出日】 平成11年10月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
住友金属工業株式会社内

 【氏名】 中村 修

【発明者】

 【住所又は居所】 佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地
住友金属工業株式会社シチックス事業本部内

 【氏名】 柳瀬 好生

【発明者】

 【住所又は居所】 佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地
住友金属工業株式会社シチックス事業本部内

 【氏名】 小池 隆

【特許出願人】

 【識別番号】 000002118

 【氏名又は名称】 住友金属工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096080

 【弁理士】

 【フリガナ】 井内 リュウジ

 【氏名又は名称】 井内 龍二

 【電話番号】 0725-21-4440

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 015990

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813679

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体ウェーハ表面の検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする半導体ウェーハ表面の検査方法。

【請求項 2】 レーザー表面検査装置として少なくとも 1 入射 2 受光系を備えたレーザー表面検査装置を用いることを特徴とする請求項 1 記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

【請求項 3】 前記半導体ウェーハがエピタキシャル半導体ウェーハであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

【請求項 4】 A を高角度受光系で検出された LPD (Light Point Defect) の標準粒子換算サイズ (nm) とし、B を低角度受光系で検出された LPD の標準粒子換算サイズ (nm) とした場合、下記の表 1 に基づいて欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかの項に記載の半導体ウェーハ表面の検査方法。

【表 1】

A、Bの関係、範囲	実 形 状
$A \geq B \times 1.13$	S F
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物(付着粒子)
$B < 90$ and $A > 110$	微小高低欠陥 (hillock, shadow)
$B > 160$ and $A < 110$	異常成長 (大pit、突起)
上 記 以 外	異常生成物

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体ウェーハ表面の検査方法に関し、より詳細には酸化膜耐圧等、半導体ウェーハを用いて作製されるLSI等の電気的特性に影響を与える半導体ウェーハ表面近傍に存在する欠陥及び付着パーティクル等（以下、これらを含めて欠陥等と記す）を検出して半導体ウェーハの品質を評価するための半導体ウェーハ表面の検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、エピタキシャル半導体ウェーハの表面において、レーザー表面検査装置で検出される輝点（Light Point Defect（LPD））としては、半導体ウェーハ上の付着パーティクルなどの付着異物と、エピタキシャル半導体ウェーハ特有の結晶欠陥〔積層欠陥（SF：Stacking Fault）、マウンド、転位等〕（以下、これらをエピ欠陥と記す）とが知られている。このうち、前記付着異物は半導体ウェーハ表面で凸状に観察され、前記SF欠陥等は半導体ウェーハ表面で主として正方形あるいはその一部の形状〔（100）ウェーハ〕や、三角形あるいはその一部の形状〔（111）ウェーハ〕として観察される。

【0003】

半導体ウェーハの品質評価の観点からは、これら付着異物やエピ欠陥は細かく種類別に分けて検出されることが望ましいが、従来の半導体ウェーハ表面の検査方法では、ウェーハ表面にレーザー光線を照射し、前記ウェーハ表面から反射された所定角度の散乱光を検出し、先に求めておいた所定粒径の標準粒子の測定結果と比較することにより、付着異物やエピ欠陥の全てを含めたサイズ毎のLPD数を求めることが行われていた。

【0004】

しかしながら、かかる方法では、付着異物やエピ欠陥等（以下、これらを含めて欠陥等と記す）の種類を判別することは困難であり、種類の判別までは行われていなかった。これら欠陥等の種類の判別については、研究レベルでは、原子間力顕微鏡（AFM：Atomic Force Microscope）や走査型電子顕微鏡を用いれば可能であるが、これらの顕微鏡を用いて欠陥等を観察するには、欠陥等に比べる

ととてつもなく広い面積のウェーハ表面において、まず欠陥等の存在する座標位置を検出しなければならず、この検出作業が大変であり、この後欠陥等の存在する箇所にAFM等の焦点をもっていかなければならない。これらの作業には膨大な手間暇を要することから、実際の製品出荷検査の際に、全ての製品にこの種の顕微鏡を用いた検査を行うことは事実上不可能であり、実際には検査員による目視判別方法（暗室にて高輝度スポットライト光を照射し、目視により散乱体を検出する方法）が採用されていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

レーザー表面検査装置を用いて測定される欠陥サイズは標準粒子換算サイズであり、この標準粒子換算サイズは欠陥等の形状により実際のサイズとは大きく異なってくるものであり、欠陥サイズに基づく欠陥等の種類判別は信頼性の点からは問題が残っている。また、検査員による目視判別方法では、その判別能力が検査員の能力に大きく依存しており、不安定、かつ今後のウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう確率が大きくなるといった課題を抱えていた。また、検査員による目視判別方法では、まず、その検査員の能力を評価しておかなければならず、工程数及びコストの増大を招いていた。

【0006】

本発明は上記した課題に鑑みなされたものであって、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するSF、マウンド、転位等の欠陥等を、検査員の能力に左右されることなく低コストで種類別に正確に判別することができる半導体ウェーハ表面の検査方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段及びその効果】

上記目的を達成するために本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（1）は、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数

の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別することを特徴としている。

【0008】

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法(1)の場合、ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、前記ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別するので、欠陥等の種類により低角度受光系と高角度受光系とでは検出される欠陥サイズに大きな相違があることを利用することができ、欠陥等の種類をかなり正確に判別することができることとなる。この判別は検査員によるものではないため、検査の自動化が可能であり、また、検査員の能力に依存することなく、安定、かつ今後のウェーハ検査要求項目の高度化、ウェーハの大口径化にも対応することができる。また、検査員をあらかじめ評価しておく必要もなく、検査工程数及びコストの大幅削減を図ることができる。

【0009】

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法(2)は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法(1)において、レーザー表面検査装置として少なくとも1入射2受光系を備えたレーザー表面検査装置を用いることを特徴としている。

前記レーザー表面検査装置の受光系として少なくとも低角度受光系と高角度受光系の2受光系を備えておれば、上記半導体ウェーハ表面の検査方法(1)の実施は可能であり、レーザー表面検査装置として1入射2受光系のレーザー表面検査装置を用いることにより検査コストを低く抑えることができる。

【0010】

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法(3)は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法(1)において、前記半導体ウェーハがエピタキシャル半導体ウェーハであることを特徴としている。

本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法は、精度良くウェーハ表面に存在する欠陥等の種類を判別することができるため、単結晶から切り出された半導体ウェーハのみならず、欠陥等の種類が多く、かつ欠陥数の少ないエピタキシャル

半導体ウェーハにも適用することができる。

【0011】

また、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法（４）は、上記半導体ウェーハ表面の検査方法（１）～（３）のいずれかにおいて、Ａを高角度受光系で検出されたＬＰＤ（Light Point Defect）の標準粒子換算サイズ（nm）とし、Ｂを低角度受光系で検出されたＬＰＤの標準粒子換算サイズ（nm）とした場合、下記の表１に基づいて欠陥等の形態を判別することを特徴としている。

【0012】

【表１】

A、Bの関係、範囲	実 形 状
$A \geq B \times 1.13$	S F
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物(付着粒子)
$B < 90$ and $A > 110$	微小高低欠陥(hillock, shadow)
$B > 160$ and $A < 110$	異常成長(大pit、突起)
上記以外	異常生成物

上記した半導体ウェーハ表面の検査方法（４）によれば、半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するＳＦ、マウンド、転位等の欠陥等を、正確に分類することができ、半導体ウェーハの品質評価を正確に行うことができることとなる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施の形態を図面に基づいて説明する。

実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、例えば１入射２受光系のレーザー表面検査装置を用い、低角度受光系と高角度受光系の２受光系においてそれぞれＬＰＤを検出し、各受光系で得られたＬＰＤの座標、標準粒子換算サイズデータの表を作成しておく。

【0014】

次に、検出されたすべての前記LPDの座標データをもとに、前記LPDのすべてについて実形状をAFMを用いて実際に観察する。次にAFMを用いて観察された前記LPDの実形状をもとに、低角度受光系と高角度受光系との光学系各々で検出された標準粒子換算サイズの実形状との比較を行い、欠陥等の種類別の特性を把握する。その結果、低角度受光系と高角度受光系の光学系各々で検出された標準粒子換算サイズと欠陥等の種類との関係を、下記の表1に示したように分類・整理することができた。

【0015】

【表1】

A、Bの関係、範囲	実形状
$A \geq B \times 1.13$	S F
$A < B \times 1.13$	非エピ層起因異物(付着粒子)
$B < 90$ and $A > 110$	微小高低欠陥(hillock, shadow)
$B > 160$ and $A < 110$	異常成長(大pit、突起)
上記以外	異常生成物

ここで、Aは高角度受光系で検出されたLPDの標準粒子換算サイズ(nm)を示しており、Bは低角度受光系で検出されたLPDの標準粒子換算サイズ(nm)を示している。

【0016】

従来の方法では、レーザー表面検査装置により検出された付着異物やエピ欠陥の全てを含めた1つの受光系におけるサイズ毎のLPD数を求めることはできても、上記表1に示したように欠陥等の種類別に分けて検出することはできなかった。また、レーザー表面検査装置を用いて測定される欠陥サイズは標準粒子換算サイズであり、この標準粒子換算サイズは欠陥等の形状により実際のサイズとは大きく異なるものであり、欠陥サイズに基づく欠陥等の種類判別は信頼性の点から問題が残っていた。また、検査員による目視判別方法では、その判別能力が検

査員の能力に大きく依存しており、不安定、かつ今後のウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう確率が大きくなるといった課題を抱えていた。また、検査員による目視判別方法では、まず、その検査員の能力を評価しておかなければならず、工程数及びコストの増大を招いていた。

【0017】

実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、レーザー表面検査装置を用いて検出されたすべてのLPDの座標データをもとに、前記LPDのすべてについて実形状をAFMを用いて実際に観察した結果をもとに、前記LPDを分類・整理して上記表1を作成しており、一旦、上記表1を作成してしまえば、後は、上記表1に示した分類に従い、レーザー表面検査装置を用い、低角度受光系と高角度受光系との光学系各々で検出された標準粒子換算サイズの整理を行えば、簡単かつ正確に付着異物やエピ欠陥を欠陥等の種類毎に分類することができる。また、この判別は検査員によるものではないため、検査の自動化が可能であり、検査員の能力に依存することもなく、安定的に実施することができる。また、今後のウェーハ検査要求項目の高度化、ウェーハの大口径化にも容易に対応することができ、また、検査員をあらかじめ評価しておく必要もなく、検査工程数及びコストの大幅削減を図ることができる。

【0018】

また、上記実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法では、レーザー表面検査装置として1入射2受光系のレーザー表面検査装置を用いた場合について説明したが、レーザー表面検査装置としては何ら1入射2受光系のレーザー表面検査装置に限定されるものではなく、別の実施の形態では、2入射2受光系のレーザー表面検査装置や、1入射3受光系のレーザー表面検査装置を用いても差し支えない。

但し、レーザー表面検査装置の受光系として少なくとも低角度受光系と高角度受光系の2受光系を備えておれば、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施は可能であり、レーザー表面検査装置として1入射2受光系のレーザー表面検査装置を用いることにより検査コストを低く抑えることができる。

【0019】

また、実施の形態に係る半導体ウェーハ表面の検査方法によれば、精度良くウェーハ表面に存在する欠陥等の種類を判別することができるため、単結晶から切り出された半導体ウェーハのみならず、欠陥等の種類が多く、かつ欠陥数の少ないエピタキシャル半導体ウェーハにも適用することができ、欠陥等の種類が多いエピタキシャル半導体ウェーハの品質評価を正確に行うことができる。

【0020】

【実施例】

以下、本発明に係る半導体ウェーハ表面の検査方法の実施例を説明する。

使用したレーザー表面検査装置：SP-1（TENCOR社製）

1入射2受光系

使用サンプル：200mm エピタキシャルSiウェーハ
ウェーハ結晶面（100）
エピタキシャル膜厚 6 μ m

サンプルであるエピタキシャルSiウェーハを、上記レーザー表面検査装置を用いてLPDの検出を行った。

【0021】

2つの各光学系で得られたLPDの座標、サイズデータを整理し、表1及び図1に示した分類に基づいてLPDの実形状を推定処理した。これらデータ処理の結果の一部を下記の表2に示す。

【0022】

【表 2】

レーザー表面検査装置による検出結果			AFM	判定
低角度受光系 (nm)	高角度受光系 (nm)	推定		
検出限界以下	115	微小高低欠陥	長さ $10\mu\text{m}$ ×高さ 3nm (図2)	○
検出限界以下	160	微小高低欠陥	直径 $1\mu\text{m}$ ×高さ 20nm (図3)	○
95	127	SF	SF (図4)	○
108	136	SF	SF (図5)	○
106	136	SF	SF	○
107	135	SF	SF	○
107	134	SF	SF	○
149	150	付着粒子	付着粒子 (図6)	○
104	111	付着粒子	付着粒子	○
90	118	SF	SF	○
検出上限以上	検出上限以上	マウンド	マウンド 異常成長 (図7)	○

次に、得られたLPDの座標データをもとに、レーザー表面検査装置を用いて検出されたこれらLPDの実形状を実際にAFMを使用して確認し、表1及び図1に基づく分類の良否を判定した。この結果も併せて上記表2に示した。

【0023】

また、図2～図9にはAFMを使用して確認されたLPDの実形状の顕微鏡写真の代表例を示している。表2には図2～図7に示したLPDがどの例にあたるのかが分かるようにAFMの欄に図番を併せて記載した。また図8に示したLPDは、表1の区分では（ $B > 160$ and $A < 110$ ）に分類されるものの一例を示しており、図9に示したLPDは、表1の区分では、（上記以外）に分類されるものの一例を示している。

実施例に係る方法によればレーザー表面検査装置を使用した簡便な方法によりLPDを90%以上の確率で正確に形状分類することができた。

【0024】

【比較例】

使用したレーザー表面検査装置：SP-1（TENCOR社製）

1入射2受光系

使用サンプル：200mm エピタキシャルSiウェーハ

ウェーハ結晶面（100）

エピタキシャル膜厚 2.1 μm

サンプルであるエピタキシャルSiウェーハを、上記レーザー表面検査装置を用いてLPDの検出を行った。

【0025】

比較例としてはレーザー表面検査装置を使用したLPDサイズに基づく分類、及び暗室にて高輝度スポットライト光を照射し、目視により散乱体を検出する方法による分類を行い、これら検出されたLPDの実形状をAFMを使用して確認し、分類の良否を判定した。結果を下記の表3に示す。

【0026】

【表3】

レーザー表面検査装置	目 視	A F M
0.1 μm > 10個	0個	SF(1辺3 μm の正方形、L形、コ形、一形)10個
0.1-0.3 μm 5個	3個 SF	SF(1辺3 μm の正方形)2個 直径3.0 μm ×0.2 μm の pit1個 異常結晶成長1個、付着パーティクル1個
0.3 μm < 3個	3個 異物	非エピ層起因異物2個、マウンド1個

上記表3に示した結果から明らかなように、目視による分類では、前提となるLPDの検出率が30%（6個／18個）にしか達しておらず、分類以前に問題があることが明らかとなった。また、検出されたもののうちの分類も50%程度しか正しく行われていなかった。このように、検査員による目視判別では、その判別が不安定、かつ今後のウェーハに対する検査要求項目の高度化に対応することは困難であり、さらにはウェーハの大口径化に伴い、欠陥等を見逃してしまう確率が大きくなるといったことが確認される結果となってしまった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認し、分類した結果を示す図である。

【図 2】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 3】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 4】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 5】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 6】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 7】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

【図 8】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

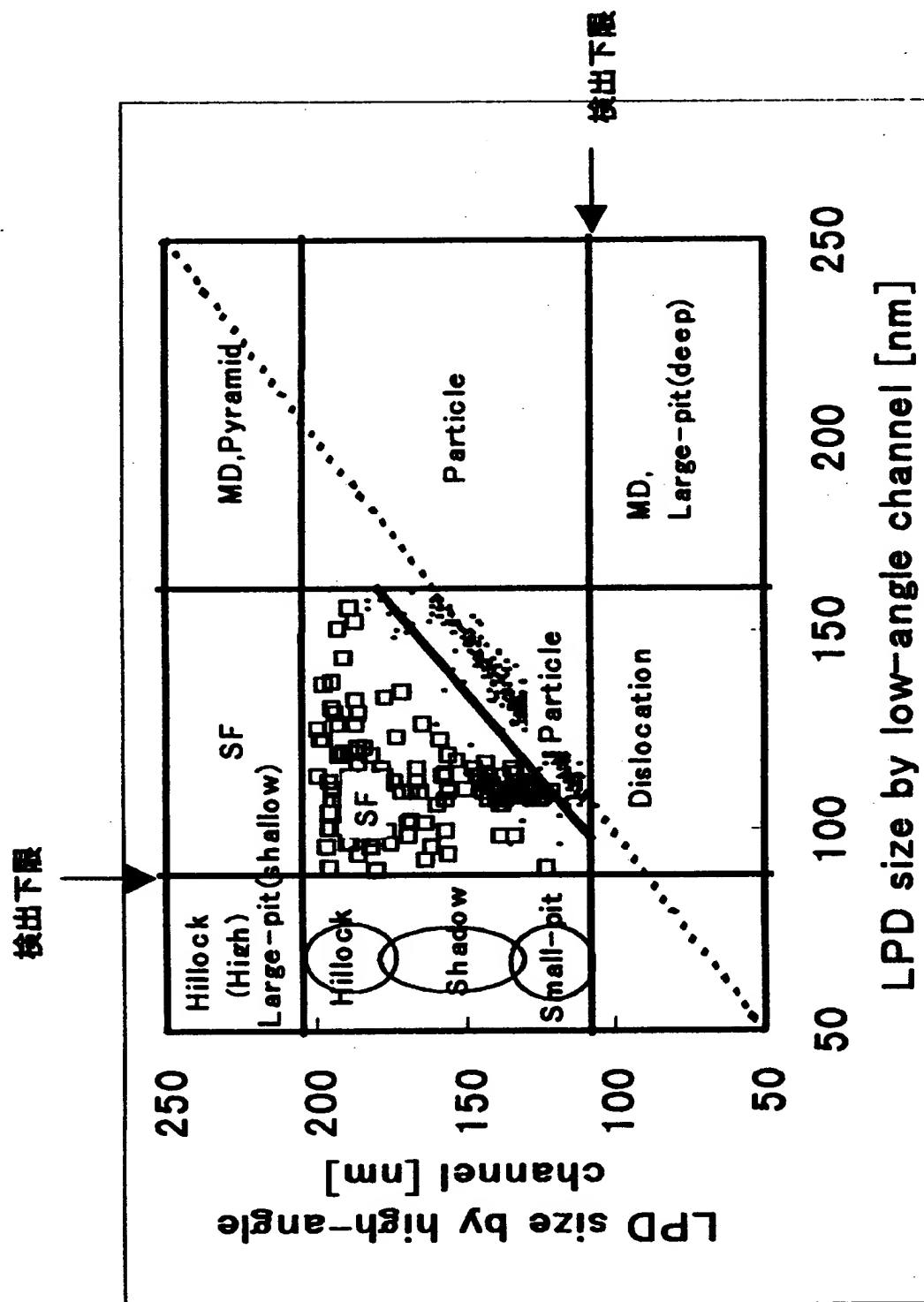
【図 9】

実施例において検出された L P D の実形状を A F M で確認した結果の一例を示す顕微鏡写真である。

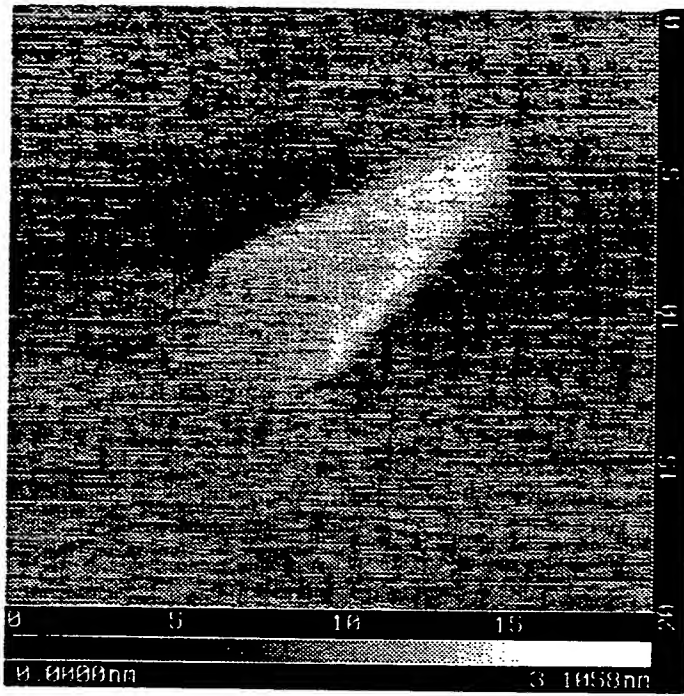
特平 1 1 - 2 9 1 9 6 8

【書類名】 図面

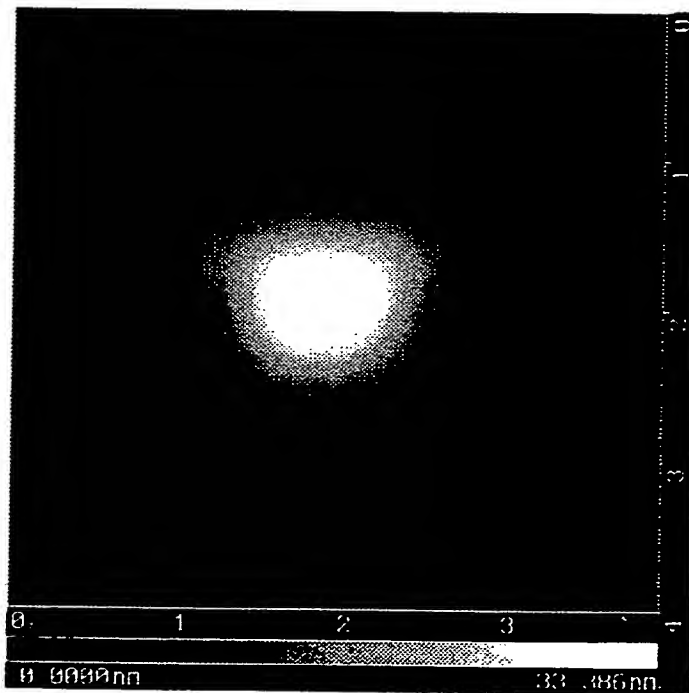
【図 1】



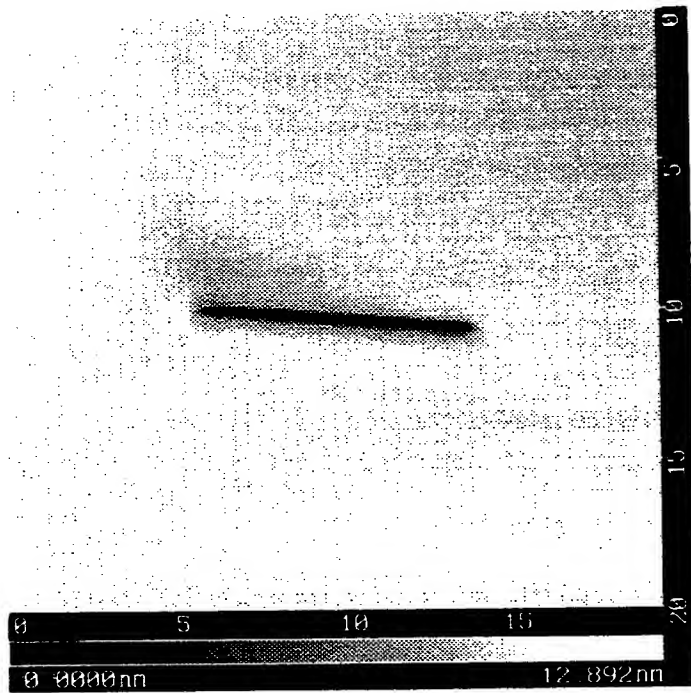
【図 2】



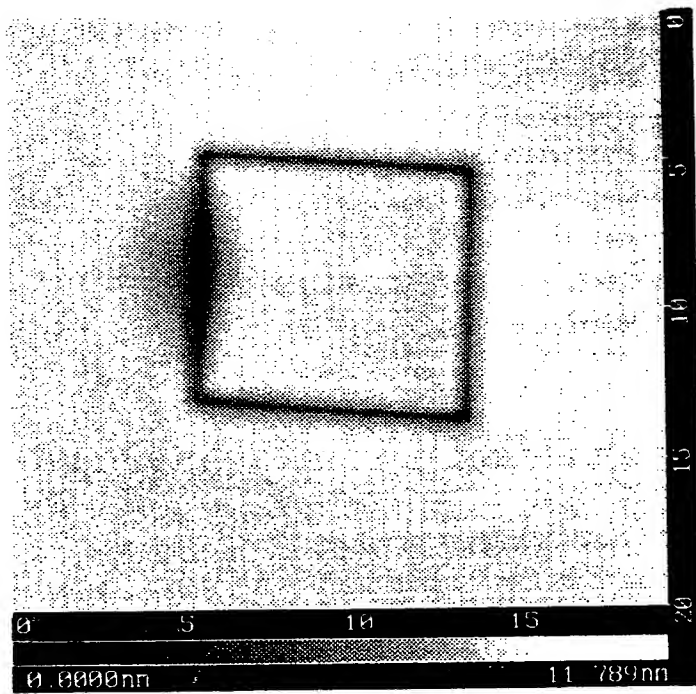
【図 3】



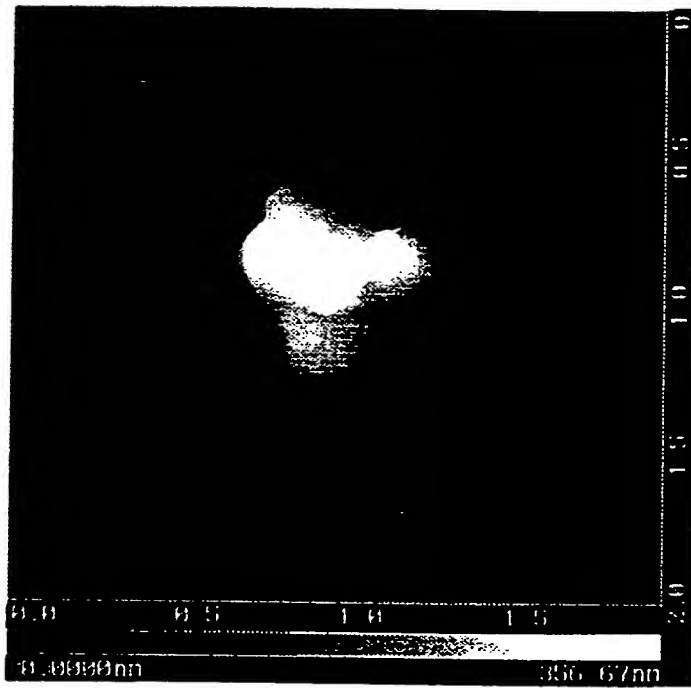
【図4】



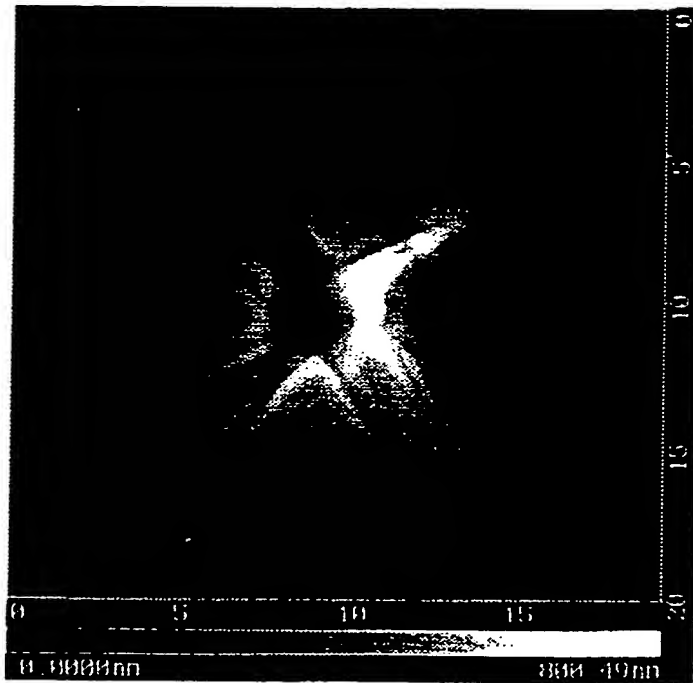
【図5】



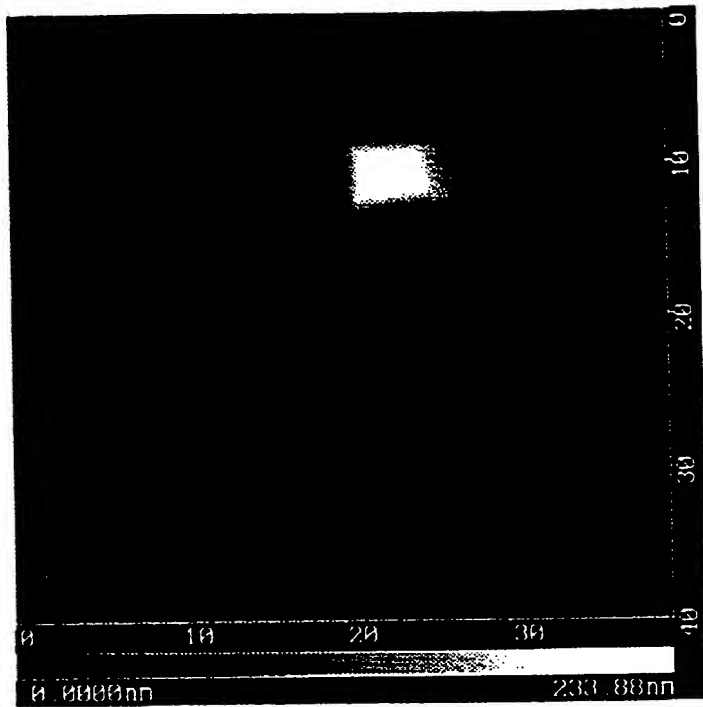
【図6】



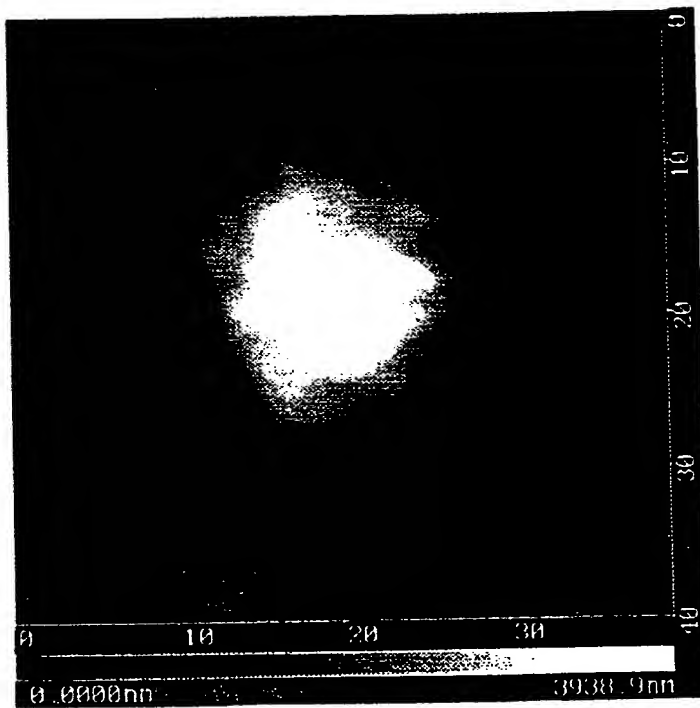
【図7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体ウェーハ表面に付着したパーティクルや半導体ウェーハ表面近傍に存在するSF、マウンド、転位等の欠陥等を、検査員の能力に左右されることなく低コストで種類別に正確に判別することができる半導体ウェーハ表面の検査方法を提供すること。

【解決手段】 ウェーハ表面にレーザー光線を照射して走査させ、ウェーハ表面から反射あるいは散乱した光を、受光角度の異なる複数の受光系で受光し、これら複数の受光系における受光強度比に基づいてウェーハ表面に存在する欠陥等の形態及び種類を判別する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002118]

1. 変更年月日	1990年 8月16日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
氏 名	住友金属工業株式会社